



## Nahrungspräferenzen der Feldmaus *Microtus arvalis* in der Agrarlandschaft unter Berücksichtigung der Pflanzeninhaltsstoffe

Von LORENZA BALMELLI, W. NENTWIG und J.-P. AIROLDI

Zoologisches Institut, Universität Bern, Bern, Schweiz

Eingang des Ms. 13. 10. 1998

Annahme des Ms. 25. 01. 1999

### Abstract

#### *Food preferences of the common vole *Microtus arvalis* in the agricultural landscape with regard to nutritional components of plants*

At high population densities the common vole *Microtus arvalis* may cause severe damage to agricultural crops. Knowledge of its food preferences could be used to promote preferred plants in agricultural compensation areas such as fallow fields or weedy borders to crop fields. Thus migration into adjacent fields may be prevented. Since such migrations are more likely to occur in winter, laboratory feeding choice tests were carried out during this season in order to investigate the food choices of the common vole. Feeding signs in the field served for qualitative comparisons. Plant nutritional components (nitrogen, sugar, starch, and phenolics) as well as energy and water content were analyzed and related to plant preferences. Clear preferences emerged from the choice trials. The most preferred plants were *Hordeum vulgare* (leaves), *Brassica napus* (leaves) and *Beta vulgaris altissima* (roots) among cultivated plants, and *Achillea millefolium* (leaves) and *Trifolium pratense* (leaves) among weed strip plants. There was no relationship between preferences and the analyzed nutritional parameters. From the 5 most attractive plants in laboratory tests, feeding signs in the field were observed at high frequency only for *T. pratense* and *B. napus*. *T. pratense* may therefore be suitable for preventing migrations of *M. arvalis* from bordering areas into rape fields.

Key words: *Microtus arvalis*, food preferences, plant nutritional components

### Einleitung

Die Feldmaus (*Microtus arvalis* Pallas) besiedelt verschiedenartigstes Kulturland sowie offenes, nicht zu feuchtes Grasland bis oberhalb von 2000 m ü. M. Im größten Teil ihres Verbreitungsgebietes, das sich von Nordspanien bis nach Ostasien erstreckt, spielt sie eine bedeutende Rolle als Ackerschädling (STEIN 1958).

Die Intensivierung der Landwirtschaft hat zu einer drastischen biologischen Verarmung der Agrarlandschaft geführt. Ackerkrautstreifen, die als Buntbrache mit einheimischen Wildkräutern seit ca. zehn Jahren auch in der Schweiz in oder am Rande von Feldern angesät werden, erhöhen die Biodiversität der Agrarlandschaft. Als positive Auswirkung wurde nicht nur eine erhöhte Artendiversität verschiedener Arthropodengruppen in den Streifen festgestellt (LYS und NENTWIG 1994; FRANK und NENTWIG 1995 a), sondern auch eine höhere Dichte von Nützlingen in angrenzenden als in weiter entfernten Feldbereichen, was zu niedrigeren Dichten schädlicher Insekten in Streifennähe führt (LYS und NENTWIG 1992; FRANK und NENTWIG 1995 b; HAUSAMMANN 1996). Außerdem

werden die Ackerkrautstreifen von Vögeln zum Nahrungserwerb genutzt (LILLE 1996). Feldmäuse kommen dort mit jahreszeitlichen Schwankungen vor (BAUMANN 1996): Von Mai bis September herrscht eine relativ hohe Populationsdichte, die ab Oktober abnimmt, gegen März ein Minimum erreicht und danach wieder zunimmt. Im Sommer stellte BAUMANN (1996) unmittelbar nach der Getreide- und Hanfernte der angrenzenden Felder eine vorübergehende starke Zunahme der Population von *M. arvalis* in den Streifen fest, was er auf Wanderungen aus den Feldern zurückführte. Dieses wirft die Frage auf, ob sich die Feldmäuse aus den Streifen auf die Suche nach Nahrung in die Felder begeben und insbesondere, ob sie sich hauptsächlich von Kultur- oder Buntbrachepflanzen ernähren. Im Winter sind Wanderungen aus den Streifen in die angrenzenden Felder am wahrscheinlichsten, weil die Streifen in dieser Jahreszeit verminderte Ernährungsmöglichkeiten bieten. Wintergetreide- und Rapsfelder dürften hingegen eine anziehende Wirkung ausüben.

Die Nahrungsaufnahme von *M. arvalis* in Agrarökosystemen unter Berücksichtigung der Wildkräuter ist bisher wenig erforscht. TRUSZKOWSKI (1982) stellte in Getreide- und Rapsfeldern eine Vorliebe für Unkräuter fest; von den 29 vorhandenen Unkrautarten wurden fast alle gefressen, und zwar ohne ausgeprägte Präferenzen. Auf Dauergrünland geht die Feldmaus bei der Nahrungsaufnahme selektiv vor und zeigt deutliche Präferenzen für bestimmte Pflanzenarten (YU et al. 1980; LEUTERT 1983; RINKE 1990). In keiner der oben angeführten Studien zur Nahrungsökologie von *M. arvalis* wurden die Ursachen der dargelegten Präferenzen untersucht. Da die Nahrungspräferenzen der Wühlmäuse von einer Kombination „positiver“ (Nährstoffe, Energie und Wasser) und „negativer“ (Sekundärmetabolite und Fasern) Nahrungseigenschaften abhängig sind (BATZLI 1985), müssten bei solchen Untersuchungen Parameter beider Eigenschaften analysiert werden. Ziel der vorliegenden Arbeit war die Untersuchung der Nahrungswahl von *M. arvalis* in der Agrarlandschaft im Zeitraum Spätherbst-Winter mittels Futterwahlexperimenten im Labor. Als qualitativer Vergleich diente die Untersuchung der Fraßspuren im Feld. Zur Ursachenuntersuchung eventueller Nahrungspräferenzen wurden einige positive und negative Parameter der getesteten Pflanzen analysiert.

Die Fragestellungen lauteten wie folgt: (1) Geht die Feldmaus bei der Nahrungsaufnahme selektiv vor? (2) Welche Buntbrache- bzw. Kulturpflanzen werden bevorzugt? (3) Werden bestimmte Pflanzenorgane vorgezogen? (4) Besteht ein Zusammenhang zwischen den Präferenzen und den analysierten Parametern?

## **Material und Methode**

### **Mäusefang und Haltungsbedingungen**

Die Feldmäuse wurden von Oktober 1997 bis Januar 1998 in zwei Ackerkrautstreifen auf Ackerland in Belp (bei Bern) mit Longworth-Lebendfallen gefangen. Die Haltung erfolgte bei einer Photoperiode von 12 h Licht/12 h Dunkel unter folgenden Temperatur- bzw. Feuchtigkeitsbedingungen: 17–20°C bzw. 45–60% bis zum 15. 12. 1997 und 10–16°C bzw. 48–63% danach. Die Feldmäuse wurden einzeln in Makrolonkäfigen (40×25×15 cm) mit Späne und einem Blumentopf als Unterschlupf gehalten. Mäusezuchtfutter und Wasser standen ad libitum zur Verfügung und dreimal pro Woche wurden zusätzlich Möhren verfüttert.

### **Futterwahlexperimente**

#### **Versuchsordnung und -ablauf**

Es wurden Futterwahlexperimente als sogenannte „Cafeteria-Tests“ durchgeführt. Dabei wird den Tieren die Wahl zwischen verschiedenen Futtertypen gegeben. Durch die konsumierte Menge jedes Futtertyps können Rückschlüsse auf die Nahrungspräferenzen gemacht werden.

Vor Versuchsbeginn wurde den Tieren eine Laborangewöhnungszeit von mindestens 20 Tagen gelassen. Es wurden 2 Serien aus je 6 „Cafeteria-Tests“ durchgeführt. Die zwei Serien fanden vom 18. 11. bis zum 12. 12. 1997 bzw. vom 24. 1. bis zum 25. 2. 1998 statt. Die einzelnen Tests dauerten um die 40 h und wurden mit einem Abstand von zwei bis zehn Tagen durchgeführt. Serie 1 und 2 unterschieden sich nur in der Auswahl der Pflanzen und nicht in der Versuchsanordnung. Es wurden einige Kulturpflanzen und im Winter häufige Buntbrachepflanzen ausgewählt. In jedem Test wurden den Feldmäusen 2 verschiedene Blatt- und 2 verschiedene Wurzeltypen zur Wahl vorgelegt. In beiden Serien wurden insgesamt je 8 Pflanzenarten bzw. -organe (im Folgenden als 8 Pflanzen bezeichnet) getestet (Tab. 1 a, 1 b). *Trifolium pratense* wird in der vorliegenden Arbeit ausschließlich als Buntbrachepflanze betrachtet, obwohl sie auch kultiviert wird. Für die Tests wurde frisches Pflanzenmaterial verwendet, das am Tag des Tests aus dem Feld geholt wurde. Einzig die Zuckerrüben wurden bereits im Oktober gesammelt und bis zur Verwendung kühl gelagert.

Mit Ausnahme von Test 1 e, für den nur 5 Tiere zur Verfügung standen, wurden alle Tests mit 6 Einzeltieren durchgeführt. Für jeden Test wurden 6 (für 1 e nur 5) Makrolonkäfige (55×35×20 cm) neu vorbereitet: Der Boden wurde mit Haushaltspapier bedeckt, vier 14×8×4 cm große Plastikfutternäpfe (je einer pro Futtersorte) wurden nebeneinander gestellt und dazwischen Metalltrennwände (15×11 cm) befestigt.

Das gesammelte Pflanzenmaterial wurde gewaschen. Vier fast gleiche Portionen (zwischen 20 und 40 g je nach Test) wurden abgewogen (Frischgewicht Anfang, FGa) und in die vier Futternäpfe jedes Käfigs gelegt. Die Verteilung der vier Pflanzen auf die vier Futternäpfe jedes Käfigs wurde so gewählt, daß am Ende jeder Serie jede Pflanze möglichst gleich oft in jeder der 4 Positionen angeboten worden war. Von jeder der vier Pflanzen wurde zusätzlich eine Probe bei 50 °C getrocknet und an-

**Tabelle 1 a.** Versuchsanordnung der „Cafeteria-Serie“ 1. Für jeden der 6 „Cafeteria-Tests“ (1 a–1 f) sind die 4 getesteten Pflanzen angegeben (X); b): Versuchsanordnung der „Cafeteria-Serie“ 2. Für jeden der 6 „Cafeteria-Tests“ (2 a–2 f) sind die 4 getesteten Pflanzen angegeben (X).

**a**

No. Cafeteria Test	Pflanzenarten und -organe							
	<i>Oenothera biennis</i> Rosettenbl.	<i>Oenothera biennis</i> Wurzel	<i>Silene alba</i> Rosettenbl.	<i>Silene alba</i> Wurzel	<i>Trifolium pratense</i> Blätter	<i>Beta vulgaris altissima</i> Rübe	<i>Brassica napus</i> Blätter	<i>Dipsacus fullonum</i> Wurzel
1 a	×	×	×	×				
1 b	×	×			×	×		
1 c	×	×					×	×
1 d					×	×	×	×
1 e			×	×			×	×
1 f			×	×	×	×		

**b**

No. Cafeteria Test	Pflanzenarten und -organe							
	<i>Brassica napus</i> Blätter	<i>Brassica napus</i> Wurzel	<i>Hordeum vulgare</i> Blätter	<i>Verbascum densiflorum</i> Wurzel	<i>Leucan- theum vulgare</i> Blätter	<i>Pastinaca sativa</i> Wurzel	<i>Achillea millefolium</i> Blätter	<i>Echium vulgare</i> Wurzel
2 a	×	×	×	×				
2 b	×	×			×	×		
2 c	×	×					×	×
2 d					×	×	×	×
2 e			×	×			×	×
2 f			×	×	×	×		

schließend gewogen, um mit dem Wassergehalt das angebotene Trockengewicht (Trockengewicht Anfang, TGa) zu berechnen. Das nicht verwertete Material jeder Pflanze wurde für die chemischen Analysen getrocknet. Die Feldmäuse wurden gewogen (Gewicht Anfang, Ga) und in die Versuchskäfige gesetzt. Nach Ablauf der Versuchsdauer wurden die Tiere aus den Versuchskäfigen genommen und gewogen (Gewicht Ende, Ge). Die Reste der Pflanzen wurden sortiert, gewogen („Frischgewicht“ Ende, FGe; nur in Serie 2), getrocknet und erneut gewogen (Trockengewicht Ende, TGe). Tests, in denen keine Reste einer oder mehrerer Pflanzen übrig geblieben waren, wurden mit einem größeren FGa wiederholt. Wegen der beschränkten Haltungsmöglichkeiten wurden 25 der insgesamt 46 verwendeten Feldmäuse zweimal eingesetzt. In solchen Fällen wurde darauf geachtet, daß mindestens 14 Tage Abstand zwischen den beiden Tests eingeschaltet waren, und daß die zwei Tests keine gemeinsame Pflanze hatten (z. B. 1 a und 1 d in Tab. 1 a).

### Präferenzmaß

Als Maß für die Präferenz wurde der „Consumption Index“ (CI) nach WALDBAUER (1968) folgendermaßen berechnet:  $CI = \frac{K}{G \times D} \times 1000$

$$CI = \frac{K}{G \times D} \times 1000$$

wobei K = Trocken- bzw. Frischgewichtskonsum (g), G = (Ga + Ge)/2 = Durchschnittliches Tiergewicht während des „Cafeteria-Tests“ (g) und D = Dauer des Tests (h). Der CI wurde sowohl nach dem Trockengewichtskonsum (CI TG) als auch nach dem Frischgewichtskonsum (CI FG) wie folgt berechnet:

$$CITG = \frac{TGa - TGe}{G \times D} \times 1000 \quad CIFG = \frac{TGa - TGe}{G \times D} \times \frac{FGa}{TGa} \times 1000$$

Da in Serie 2 die Pflanzenreste auch vor dem Trocknen gewogen wurden (FGe), ist deren Wassergehalt bekannt. Um der Tatsache Rechnung zu tragen, daß die Pflanzenteile (v. a. Blätter) während des Versuchs Wasser verlieren, wurde für Serie 2 der CI zusätzlich nach dem durchschnittlichen Frischgewicht (CI FGd) folgendermaßen errechnet:

$$CIFGd = \frac{TGa - TGe}{G \times D} \times \frac{1}{\text{durchschnittlicher Anteil Trockenmaße}} \times 1000$$

$$\text{Durchschnittlicher Anteil Trockenmaße} = \text{Mittelwert aus } \frac{TGa}{FGa} \text{ und } \frac{TGe}{FGe}$$

Als Stichprobengrößen ergeben sich 18 CI TG-, 18 CI FG- und (nur in Serie 2) 18 CI FGd-Werte pro getestete Pflanze; lediglich vier Pflanzen aus Serie 1 weisen 17 und nicht 18 CI TG- und CI FG-Werte auf.

### Fraßspuren im Feld

Von Oktober 1997 bis Januar 1998 wurde regelmäßig nach Fraßspuren von *M. arvalis* in einem Ausfallraps-, Raps-, Zuckerrüben- bzw. Wintergerstenfeld und in vier Ackerkrautstreifen in Belp gesucht. Zuerst wurde nach Aktivitätszeichen (Laufwege, Kot, Löcher usw.) und dann nach Fraßspuren gesucht. Als Fraßzeichen galten: direkt an der Pflanze an- oder abgefressene Teile, ganze Pflanzen oder Teile davon in Baueingängen, Nahrungshäufchen auf Laufwegen. Mitte Juni wurden das Raps- und Gerstenfeld erneut nach Aktivitäts- und Fraßzeichen abgesucht. Hierbei wurde darauf geachtet, ob die im Winter festgestellten Vegetationsschäden im Rapsfeld noch erkennbar waren.

### Chemische Analysen der Pflanzen

Die für die Analysen getrockneten Pflanzenproben wurden mit einem Mixer zu feinem Pulver gemahlen, in luftdichte Gläschen abgefüllt und danach im Dunkeln bei Raumtemperatur aufbewahrt. Die Analysen erfolgten folgendermaßen: Energiegehalt: Die Bestimmung des Energiegehalts erfolgte mit einem Calorimeter mit einer Einwaage von ca. 1 g und Benzoesäure als Kontrollstandard. Gesamtstickstoff: Der Stickstoffgehalt wurde mit einem Stickstoffanalysator bestimmt. Die Einwaage betrug



ca. 1 g und als Kontrollstandard diene L-Asparaginsäure. Stärke und lösliche Zucker: Die freien Zucker wurden aus 100 mg Pulver mit 0,2 M HCl extrahiert. Für die Stärkebestimmung wurde der zentrifugierte Rückstand zweimal mit Wasser gewaschen und mit 1,5 M Perchlorsäure hydrolysiert. Als Nachweismethode diene der Anthrontest. Die optische Dichte wurde bei 623 nm gemessen und mit Fructose- bzw. Glucosestandards verglichen (MÜLLER-FERCH und MOUCI 1995).

Lösliche Phenole: Die Phenole wurden aus 1 g Pulver unter Rückflußkochen mit Methanol/H<sub>2</sub>O 2:1 (v/v) extrahiert. Das Folin-Ciocalteus Phenolreagenz diene als Nachweisreagenz. Die optische Dichte wurde bei 675 nm gemessen und mit Gallussäurestandards verglichen (SCHEVIC 1990).

Von jeder der 16 getesteten Pflanzen standen drei Proben für die Analysen zur Verfügung (je eine pro „Cafeteria-Test“); für jede Pflanze wurden somit 3 unabhängige Werte pro Parameter bestimmt.

### Datenauswertung

Der Durbin-Rang-Test diene zum Nachweis eines globalen signifikanten Unterschieds zwischen den „Consumption Indices“ der acht Pflanzen jeder „Cafeteria-Serie“. Es wurde dieser Test verwendet, weil a) die Versuchsanordnung einem „incomplete block design“ entspricht, b) keine Normalverteilungen als Voraussetzung für parametrische Tests vorlagen. Bei einem „incomplete block design“ wird nicht jeder Block (hier 6 Tiere) allen Behandlungen (hier 8 Pflanzen) sondern nur einem Teil davon (hier 4 Pflanzen) unterzogen. Der Tukey-Test diene zur Bestimmung der signifikanten Unterschiede (MARASCUILO und MCSWEENEY 1997). Für jede Pflanze wurde aus den entsprechenden drei Tests der durchschnittliche Rang berechnet. Zur Überprüfung auf Korrelationen zwischen den durchschnittlichen Rängen, die auf dem CI TG, CI FG und CI FGd basieren, wurde der Spearman-Rang-Korrelationskoeffizient berechnet. Der Wilcoxon-Paardifferenzen-Test diene zum Vergleich der „Consumption Indices“ der Blätter mit jenen der Wurzeln. Unterschiede bezüglich der Nahrungsbestandteile zwischen Blättern und Wurzeln bzw. Kultur- und Buntbrachepflanzen wurden mit dem Mann-Whitney-U-Test auf Signifikanz geprüft.

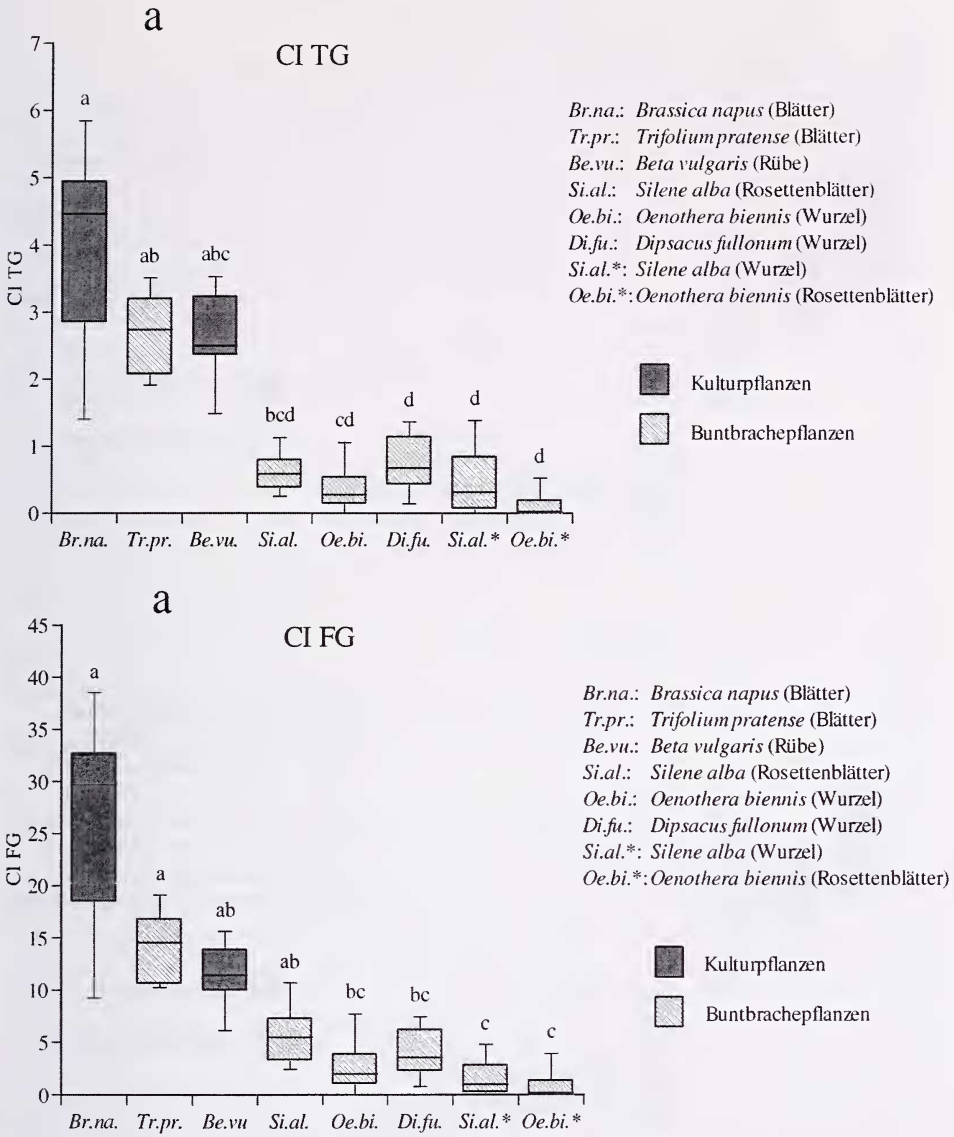
## Ergebnisse

### Futterwahlexperimente: Präferenzen

In Serie 1 zeigten die Feldmäuse sowohl auf der Grundlage vom CI TG als auch vom CI FG signifikant unterschiedliche Präferenzen (Durbin-Test:  $\chi^2 = 56,16$  für den CI TG,  $\chi^2 = 66,80$  für den CI FG; df = 7,  $p < 0,001$  für beide Tests; Abb. 1 a). Die durchschnittlichen Ränge der Pflanzen, die auf dem CI TG basieren, waren stark mit jenen korreliert, die auf dem CI FG basieren (Spearman-Rang-Korrelation,  $r_s = 0,98$ ,  $N = 8$ ,  $p < 0,001$ ). *Brassica napus*, *Trifolium pratense* und *Beta vulgaris* waren sehr beliebt. Die restlichen fünf Pflanzen wurden hingegen wenig bis kaum gefressen. Als besonders unbeliebt zeigten sich die Rosettenblätter von *Oenothera biennis*.

In Serie 2 stellten sich sowohl hinsichtlich des CI TG als auch des CI FG (Abb. 1 b) und CI FGd ebenfalls signifikant unterschiedliche Präferenzen heraus (Durbin-Test:  $\chi^2 = 83,36$  für den CI TG,  $\chi^2 = 83,94$  für den CI FG,  $\chi^2 = 82,27$  für den CI FGd; df = 7,  $p < 0,001$  für alle drei Tests). Auf eine Darstellung des CI FGd wurde in Abb. 1 b verzichtet, weil die Signifikanz (Tukey-Test) wie jene der ersten Darstellung (CI TG) waren. Es ergab sich eine sehr starke Korrelation zwischen den durchschnittlichen Rängen der Pflanzen, die auf dem CI TG bzw. CI FG bzw. CI FGd beruhen (Spearman-Rang-Korrelation,  $r_s = 0,99$ ,  $N = 8$ ,  $p < 0,001$  zwischen dem CI TG und dem CI FG bzw. CI TG und CI FGd bzw. CI FG und CI FGd). *Hordeum vulgare*, *B. napus* (Blätter) und *Achillea millefolium* waren sehr beliebt. Die übrigen fünf Pflanzen wurden hingegen wenig bis kaum gefressen. Als besonders unbeliebt zeigte sich *Verbascum densiflorum*.

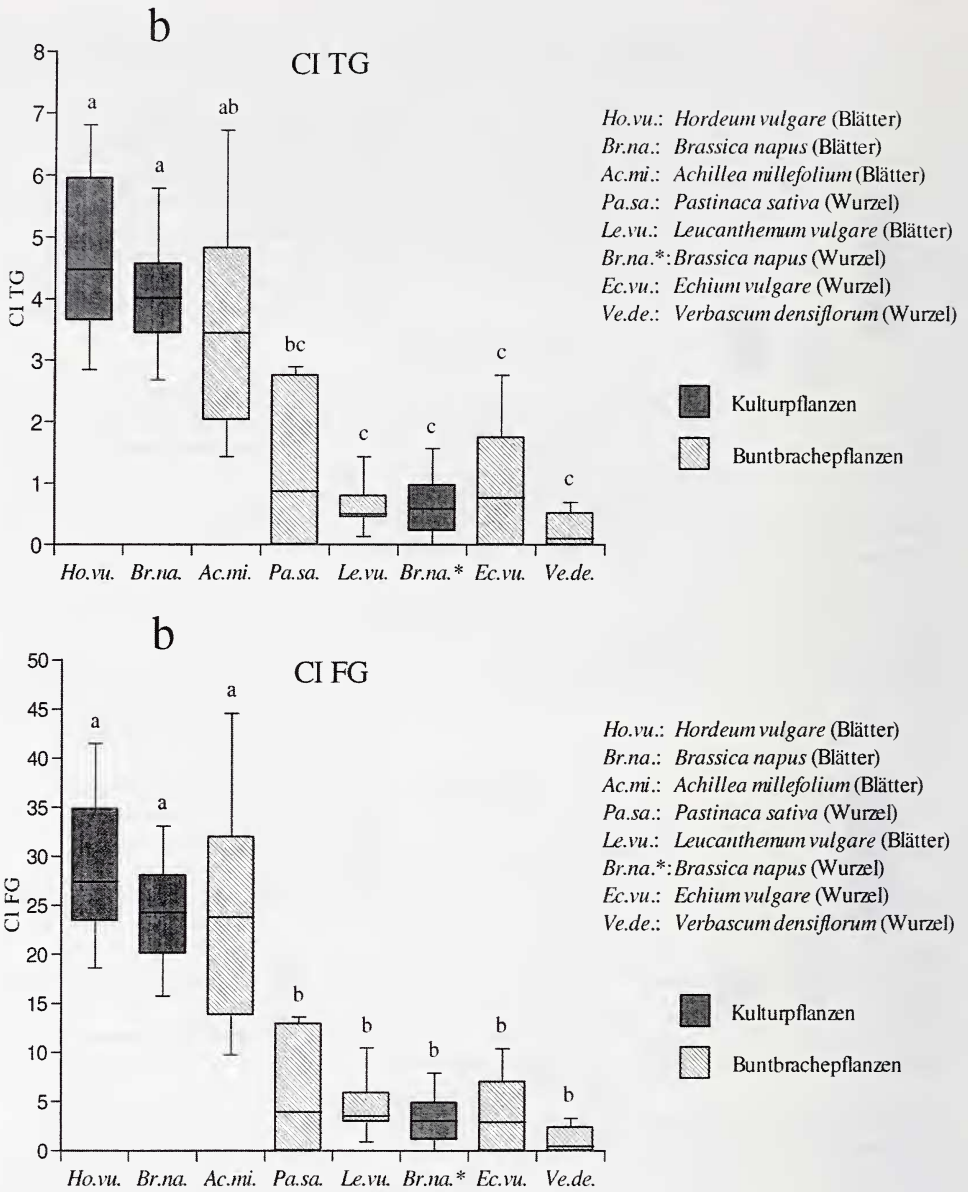
In beiden Serien waren zwei der drei sehr beliebten Pflanzen Kulturpflanzen. Die einzige den zwei Serien gemeinsame Pflanze (*Brassica napus* Blätter) rangierte in beiden Serien hoch oben in der Präferenzrangfolge. Unter den Buntbrachepflanzen erwies sich



**Abb. 1a:** „Consumption Indices“ auf der Grundlage vom Trockengewicht (CI TG) bzw. Frischgewicht (CI FG) der acht in Serie 1 getesteten Pflanzen. Die Box-Plots zeigen die 10%-, 25%-, 50%-(Median); 75%- und 90%-Quantile (N = 17 bzw. N = 18). Stichproben von Box-Plots mit gemeinsamen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Tukey-Test,  $p > 0,05$ ).

nur *T. pratense* bzw. *A. millefolium* als besonders attraktiv, während sich alle anderen gegen Ende der Präferenzreihenfolge befanden.

Auch unterschiedlichen Pflanzenorganen gegenüber verhielt sich *M. arvalis* selektiv und fraß signifikant mehr an Blättern als an Wurzeln (Wilcoxon-Paardifferenzen-Test,  $p < 0,001$  für beide Serien).



**Abb. 1b:** „Consumption Indices“ auf der Grundlage vom Trockengewicht (CI TG) bzw. Frischgewicht (CI FG) der acht in Serie 2 getesteten Pflanzen. Die Box-Plots zeigen die 10%-, 25%-, 50-(Median), 75%- und 90%-Quantile (N = 18). Stichproben von Box-Plots mit gemeinsamen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Tukey-Test,  $p > 0,05$ ).

### Fraßspuren im Feld

Im Feld wurden Fraßspuren an insgesamt 24 Pflanzenarten beobachtet. Die verschiedenen Pflanzenarten bzw. -organe ließen sich je nach Fraßhäufigkeit in vier Kategorien einteilen (Tab. 2). Unter den am häufigsten (Kategorien 3 und 2) angefressenen Pflanzen befanden sich folgende Arten und Organe: *Silene alba* (alle vorhandenen Organe mit Ausnahme der Wurzeln), *Brassica napus* (Blätter), *Verbascum densiflorum* (Wurzel), *Melilotus officinalis* (Wurzel), *Agrostemma githago* (Samen), *Trifolium pratense* (Blätter), *Dipsacus fullonum* (Wurzel). Die Fraßspuren an *B. napus* im Winter waren besonders auffällig. Im Rapsfeld hatte *M. arvalis* auf zahlreichen größeren Flächen an den meisten Pflanzen die Blätter am Stiel abgefressen. Die Beweise, daß es sich dabei um Feldmäuse handelte, waren Laufwege mit Kot sowie Rapsblätter in Baueingängen rundherum. Bei der späteren Kontrolle im Juni wurden im Rapsfeld weder Aktivitäts- noch Fraßzeichen entdeckt und die im Winter festgestellten Vegetationsschäden waren nicht mehr erkennbar. Viele Pflanzenarten bzw. -teile wurden nur selten angefressen (Kategorie 1).

An *Beta vulgaris*, *Hordeum vulgare* und *Echium vulgare* konnten im Feld keine Fraßzeichen beobachtet werden. Das Gerstenfeld war auch im Juni unbeschädigt. In folgenden Fällen stimmen die Nahrungspräferenzen, die sich aus den Tests ergaben, nicht mit jenen überein, die aufgrund der Fraßhäufigkeiten im Feld resultierten: *S. alba* (Rosettenblätter), *V. densiflorum* und *D. fullonum* schienen im Feld beliebter zu sein als in den Laborversuchen. Umgekehrt erwiesen sich *H. vulgare*, *B. vulgaris* und *Achillea millefolium* in den Wahlversuchen viel attraktiver als im Feld. Im Falle von *B. vulgaris* dürfte es sich jedoch um eine Fehleinschätzung handeln, da beim Ernten des Feldes viele Feldmäuse zum Vorschein kamen (GYGLI, pers. Mitt.). Die Tiere hatten dort wahrscheinlich Fraßschäden angerichtet, die aber nicht entdeckt wurden.

Beim Vergleich von Blättern mit Wurzeln kam im Feld die im Labor festgestellte Vorliebe für Blätter nicht zum Vorschein.

### Nahrungskomponenten

Die Werte der untersuchten Komponenten sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Werden die zwei Serien zusammen betrachtet, ergibt sich in der Variabilität der einzelnen Parameter folgendes Bild: Phenole, lösliche Zucker und Stärke waren die am stärksten variierenden Parameter. Die größte Variation ergab sich im Phenolgehalt: Die Rosettenblätter von *Oenothera biennis* hatten einen ca. 20fach größeren Wert als die Wurzel von *Beta vulgaris*. *Silene alba*, *Pastinaca sativa* und *Brassica napus*. *S. alba* (Rosettenblätter) hatte mit 9,7% den niedrigsten, *B. vulgaris* mit 67,4% den höchsten Zuckergehalt. *P. sativa* war mit 7,7% besonders reich und *Trifolium pratense* mit 2,0% besonders arm an Stärke. Abgesehen von *B. vulgaris* bestanden zwischen den Pflanzen nur mäßige Unterschiede im Stickstoffgehalt; im Durchschnitt lagen die Werte um 3,5%. Die Werte des Energie- und Wassergehalt, zeigten die kleinste Variation und lagen um 17,5 kJ bzw. 80%.

Blätter waren signifikant reicher an Energie und Stickstoff (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0,01$ ) sowie an Wasser und Phenolen ( $p < 0,05$ ) als Wurzeln. Wurzeln enthielten hingegen signifikant mehr Zucker ( $p < 0,001$ ) und tendenziell auch mehr Stärke ( $p = 0,059$ ). Zwischen Kultur- und Buntbrachepflanzen bestand hingegen bezüglich keiner der Komponenten ein signifikanter Unterschied ( $p > 0,05$ ).

Für einen Vergleich der „Consumption Indices“ mit den untersuchten Parametern müssen Serie 1 und 2 getrennt betrachtet werden. Der Vergleich der Werte der Nahrungsbestandteile der drei Pflanzen mit dem höchsten CI mit jenen der restlichen fünf läßt in keiner Serie eine Tendenz erkennen, Pflanzen mit einem höheren Gehalt an positiven Komponenten (Wasser, Energie, Stickstoff, Zucker, Stärke) bzw. mit einem niedrigeren Phenolgehalt zu bevorzugen.



**Tabelle 2.** Pflanzenarten und -teile, an denen im Feld keine bzw. selten bis sehr oft Fraßspuren beobachtet wurden. Die Einteilung in die vier Spalten beruht auf der Häufigkeit, mit der Fraßspuren beobachtet wurden: 0 = nie, 1 = selten (1–33% der Feldinspektionen), 2 = oft (34–67%), 3 = sehr oft (68–100%). Unter 0 sind nur in Wahlversuchen verwendete Pflanzen aufgeführt. C1, C2: in „Cafeteria-Serie“ 1 bzw. 2 verwendet. Als Vergleich ist für jede „Cafeteria-Pflanze“ der durchschnittliche Rang auf der Grundlage vom CI FG („Consumption Index“ nach dem Frischgewicht) angegeben.  
\*: Beobachtungen, die nur am Anfang der Untersuchungsperiode gemacht wurden, da diese Pflanzen bzw. Pflanzenteile im Spätherbst entweder absterben oder geerntet werden.

0	1	2	3
C1 <i>Beta vulgaris</i> (Rübe)* 2,0	C1 <i>Oenothera biennis</i> (Wurzel) 2,8	C1 <i>Trifolium pratense</i> (Stengel mit Blättern) 1,4	C1 <i>Silene alba</i> (Blattrosette) 2,2
C2 <i>Hordeum vulgare</i> (Blätter) 1,2	C1 <i>Silene alba</i> (Wurzel) 3,6	C1 <i>Dipsacus fullonum</i> (Wurzel) 3,1	C1/C2 <i>Brassica napus</i> (Blätter mit Stiel) 1,4/1,2
C2 <i>Echium vulgare</i> (Wurzel) 3,3	C1 <i>Oenothera biennis</i> (Blattrosette) 3,5	<i>Triticum aestivum</i> (Körner aus den Ähren)*	C2 <i>Verbascum densiflorum</i> (Wurzel) 3,6
	C2 <i>Brassica napus</i> (Wurzel) 3,1	<i>Plantago major</i> (Blattrosette)*	<i>Melilotus officinalis</i> (Wurzel und Stengelbasis)*
	C2 <i>Achillea millefolium</i> (Blätter) 1,7	<i>Foeniculum vulgare</i> (Wurzel und Stengelbasis)*	<i>Silene alba</i> (Stengel mit Blättern)*
	C2 <i>Pastinaca sativa</i> (Wurzel) 2,9	<i>Poa trivialis</i> (Halme)*	<i>Silene alba</i> (Samenkapseln)*
	C2 <i>Leucanthemum vulgare</i> (Blätter) 2,9	<i>Papaver rhoeas</i> u. <i>P. somniferum</i> (Samenkapseln)*	<i>Agrostemma githago</i> (Samenkapseln und Samen)*
	<i>Melilotus officinalis</i> (Stengel mit Blättern)*	<i>Tussilago farfara</i> (Blütenknospen und Wurzel)	
	<i>Lolium multiflorum</i> (Ähre)*		
	<i>Medicago sativa</i> (Stengelbasis)*		
	<i>Anthemis tinctoria</i> (Stengel mit Blättern)*		
	<i>Plantago lanceolata</i> (Blattrosette)		
	<i>Onobrychis vicifolia</i> (Stengel mit Blättern)		
	<i>Centaurea jacea</i> (grundständige Blätter)		

**Tabelle 3.** „Consumption Indices“ nach dem Frischgewicht (CI FG) und untersuchte Komponenten der getesteten Pflanzen. Für jede Serie sind die Pflanzen nach abnehmendem Median CI FG aufgeführt. Die Nahrungsbestandteile sind als Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung angegeben und beziehen sich, mit Ausnahme des Wassergehalts, auf die Trockenmasse. Mittelwerte der beiden Serien für Blätter und Wurzeln sowie für Kultur- und Buntbrachepflanzen sind zusätzlich am Ende der Tabelle angegeben.

Pflanzenarten und -organe	Median CI FG	Wasser (%)	Energie (kJ/g org. Subst.)	Stickstoff (%)	Zucker (%)	Stärke (%)	Phenole (%)
<b>Serie 1</b>							
<i>Brassica napus</i> (Blätter)	29,63	84,8 $\pm$ 0,1	18,1 $\pm$ 0,1	4,0 $\pm$ 0,2	30,8 $\pm$ 1,0	2,7 $\pm$ 0,1	2,3 $\pm$ 0,1
<i>Trifolium pratense</i> (Blätter)	14,56	81,1 $\pm$ 0,4	18,9 $\pm$ 0,2	3,8 $\pm$ 0,1	16,0 $\pm$ 0,3	2,0 $\pm$ 0,1	4,1 $\pm$ 0,8
<i>Beta vulgaris</i> (Rübe)	11,43	77,2 $\pm$ 0,8	16,8 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,0	67,4 $\pm$ 0,2	2,5 $\pm$ 0,0	0,6 $\pm$ 0,0
<i>Silene alba</i> (Rosettenblätter)	5,48	89,0 $\pm$ 1,2	17,9 $\pm$ 0,1	4,3 $\pm$ 0,1	9,7 $\pm$ 1,2	3,6 $\pm$ 0,2	4,5 $\pm$ 0,8
<i>Dipsacus fullonum</i> (Wurzel)	3,57	81,7 $\pm$ 0,3	16,9 $\pm$ 0,1	2,1 $\pm$ 0,1	44,9 $\pm$ 0,6	3,2 $\pm$ 0,1	2,1 $\pm$ 0,2
<i>Oenothera biennis</i> (Wurzel)	2,01	86,6 $\pm$ 0,3	15,9 $\pm$ 0,1	2,9 $\pm$ 0,1	42,8 $\pm$ 0,8	3,4 $\pm$ 0,1	5,7 $\pm$ 0,2
<i>Silene alba</i> (Wurzel)	1,02	70,5 $\pm$ 0,8	16,6 $\pm$ 0,1	2,1 $\pm$ 0,1	48,6 $\pm$ 1,8	3,8 $\pm$ 0,5	0,8 $\pm$ 0,0
<i>Oenothera biennis</i> (Rosettenblätter)	0,19	86,5 $\pm$ 0,1	17,1 $\pm$ 0,1	3,5 $\pm$ 0,1	23,1 $\pm$ 1,1	3,3 $\pm$ 0,3	10,9 $\pm$ 0,4
<b>Serie 2</b>							
<i>Hordeum vulgare</i> (Blätter)	27,42	84,2 $\pm$ 0,8	18,7 $\pm$ 0,2	4,3 $\pm$ 0,3	25,1 $\pm$ 1,8	4,2 $\pm$ 0,9	1,5 $\pm$ 0,0
<i>Brassica napus</i> (Blätter)	24,26	82,9 $\pm$ 0,9	18,6 $\pm$ 0,2	4,4 $\pm$ 0,1	25,5 $\pm$ 2,2	2,7 $\pm$ 0,1	1,9 $\pm$ 0,0
<i>Achillea millefolium</i> (Blätter)	23,79	85,3 $\pm$ 0,3	17,8 $\pm$ 0,1	3,7 $\pm$ 0,1	25,5 $\pm$ 1,8	3,1 $\pm$ 0,3	3,7 $\pm$ 0,1
<i>Pastinaca sativa</i> (Wurzel)	3,96	79,5 $\pm$ 0,9	17,0 $\pm$ 0,03	2,7 $\pm$ 0,2	53,4 $\pm$ 0,2	7,7 $\pm$ 1,8	0,4 $\pm$ 0,0
<i>Leucanthemum vulgare</i> (Blätter)	3,55	86,0 $\pm$ 0,6	18,1 $\pm$ 0,04	4,0 $\pm$ 0,2	21,4 $\pm$ 1,5	2,7 $\pm$ 0,1	3,6 $\pm$ 0,0
<i>Brassica napus</i> (Wurzel)	3,04	80,6 $\pm$ 0,6	17,6 $\pm$ 0,1	3,9 $\pm$ 0,1	37,0 $\pm$ 1,8	3,9 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,0
<i>Echium vulgare</i> (Wurzel)	2,93	74,3 $\pm$ 0,5	16,6 $\pm$ 0,03	2,7 $\pm$ 0,2	55,8 $\pm$ 2,9	6,5 $\pm$ 1,0	1,4 $\pm$ 0,2
<i>Verbascum densiflorum</i> (Wurzel)	0,47	78,5 $\pm$ 0,6	17,2 $\pm$ 0,1	3,4 $\pm$ 0,1	43,5 $\pm$ 0,6	4,3 $\pm$ 1,7	2,1 $\pm$ 0,1
<b>Blätter</b>		85,0 $\pm$ 2,4	18,2 $\pm$ 0,6	4,0 $\pm$ 0,3	22,1 $\pm$ 6,5	3,0 $\pm$ 0,7	4,1 $\pm$ 3,0
<b>Wurzeln</b>		78,6 $\pm$ 4,8	16,8 $\pm$ 0,5	2,6 $\pm$ 0,9	49,2 $\pm$ 9,5	4,4 $\pm$ 1,8	1,7 $\pm$ 1,8
<b>Kulturpflanzen</b>		81,9 $\pm$ 3,1	18,0 $\pm$ 0,8	3,5 $\pm$ 1,5	37,2 $\pm$ 17,6	3,2 $\pm$ 0,8	1,4 $\pm$ 0,8
<b>Buntbrachepflanzen</b>		81,7 $\pm$ 5,7	17,3 $\pm$ 0,8	3,2 $\pm$ 0,7	35,0 $\pm$ 16,1	4,0 $\pm$ 1,7	3,6 $\pm$ 2,9

## Diskussion

### Futterwahlexperimente: Präferenzen

Die Ergebnisse der Wahlversuche bestätigen die Erkenntnisse anderer Autoren in der ausgeprägten Selektivität von *M. arvalis* bei der Nahrungswahl (YU et al. 1980; LEUTERT 1983; RINKE 1990, 1991). Der Vergleich der mittels „Cafeteria-Tests“ festgestellten Präferenzen mit jenen aus anderen Untersuchungen ist jedoch durch folgende Faktoren erschwert: Zur Untersuchung der Nahrungsökologie der Feldmaus wurden bisher verschiedene Methoden angewendet. Die meisten davon weisen bestimmte Schwachpunkte auf. Mageninhalts- bzw. Kotuntersuchungen zeigen nur die Zusammensetzung der letzten Nahrungsaufnahme bzw. führen zur Unterschätzung von leicht verdaulichen Pflanzenteilen wie z. B. fleischigen Wurzeln (PHILLIPSON et al. 1983). Bei der Bestimmung der Artenzusammensetzung von Nahrungsresten werden Pflanzen, die in situ gefressen wurden, nicht erfaßt. Futterwahlexperimente berücksichtigen nicht die relative Ressourcenverfügbarkeit, die eine wichtige Komponente der Nahrungswahl in der Natur ist (GODFREY 1953; ZIMMERMAN 1965; RIEWE 1973). Die untersuchten Feldmauspopulationen stammen aus verschiedenen Habitaten (Agrarökosysteme, Fett- bzw. Trockenwiesen usw.), was z. T. zu völlig unterschiedlichen erfaßten Pflanzenarten führt. Zwischen Populationen aus demselben Habitattyp können beträchtliche Unterschiede bezüglich der Nahrungspräferenzen bestehen. Die verschiedenen Studien wurden z. T. zu unterschiedlichen Jahreszeiten durchgeführt. Daraus wird ersichtlich, warum sowohl Übereinstimmungen als auch Diskrepanzen zu Literaturangaben vorliegen können.

In der Folge werden die Ergebnisse der Futterwahlversuche mit den Befunden anderer Autoren, die das Nahrungswahlverhalten von *M. arvalis* quantitativ untersucht haben, verglichen. Es wird nur auf die wenigen gemeinsamen Pflanzenarten eingegangen. In Einklang mit dem sehr niedrigen Median „Consumption Index“ von *Leucanthemum vulgare* in dieser Studie konnte RINKE (1990) diese Art nur selten und mit einem sehr geringen Volumenanteil im Mageninhalt nachweisen. Im Gegensatz zu der hier registrierten hohen Attraktivität von *Trifolium pratense* ordnete RINKE (1990) diese Art der Kategorie derjenigen mit milderer Präferenz zu. Die hier ermittelte Attraktivität von *Achillea millefolium* stimmt weder mit den Befunden von LEUTERT (1983) noch mit jenen von RINKE (1990) überein. Der erstere stellte gegenüber dieser Art Gleichgültigkeit fest und der letztere teilte sie in die Kategorie der Arten mit milderer Präferenz ein. So wie hier signifikant mehr an Blättern gefressen wurde als an Wurzeln, bestand die Diät der von TRUSZKOWSKI (1982) untersuchten Population oft zu fast 100% aus grünen Pflanzenteilen, während Wurzeln mit einem Anteil von nur 0,1 bis 7,4% in der Diät vorhanden waren. Abgesehen von wenigen Ausnahmen schien *M. arvalis* bei der Wahl zwischen Kultur- und Buntbrachepflanzen erstere vorzuziehen. Im Gegensatz dazu stellte TRUSZKOWSKI (1982) in Getreide- und Rapsfeldern eine Präferenz für Unkräuter fest. Man muß aber bedenken, daß in der vorliegenden Arbeit nur eine kleine Auswahl von Buntbrachepflanzen berücksichtigt wurde.

### Fraßspuren im Feld

Ein sehr artenreiches Nahrungsspektrum der Feldmaus ergab sich auch aus anderen Studien (YU et al. 1980; LEUTERT 1983; RINKE 1990; BAUMANN 1996). In Einklang mit den hier erhobenen Feldbefunden stellte STEIN (1958) besonders im Winter starken Fraß an *Trifolium pratense* fest. Die großen Schäden an *Brassica napus* müssen nicht verwundern, da nach STEIN (1958) *M. arvalis* in Winterrapsfeldern optimale Lebensbedingungen findet. Raps ist nur im frühen Stadium gefährdet (STEIN 1958). Dies erklärt, warum bei der späteren Kontrolle im Juni keine Fraßzeichen entdeckt wurden. Die Tatsache, daß die im

Winter festgestellten Vegetationsschäden im Juni nicht mehr erkennbar waren, läßt sich auf die hohe Regenerationsfähigkeit von Raps zurückführen. Unerwartet war das Fehlen von Fraßzeichen im Gerstenfeld im Juni, da unter den Kulturpflanzen reifendes Getreide am stärksten von diesem Ackerschädling betroffen ist (STEIN 1958). Mitte Juni waren die Gerstenkörner noch nicht ganz reif und vielleicht deshalb für die Feldmäuse nicht attraktiv. Nach STEIN (1958) ist *Beta vulgaris* wenig begehrt, während hier weder das Vorhandensein noch das Fehlen von Fraßspuren mit Sicherheit behauptet werden kann.

Die Tatsache, daß einige der in den Wahlversuchen verwendeten Pflanzen im Feld beliebter bzw. weniger attraktiv waren als im Labor, läßt sich mit großer Wahrscheinlichkeit auf Faktoren wie z. B. Feinde und Deckung zurückführen, die in den Laborexperimenten unberücksichtigt blieben. So konnten im Feld trotz des sehr hohen „Consumption Index“ keine Fraßzeichen an *Hordeum vulgare* beobachtet werden, da sich die Feldmäuse im Winter vermutlich wegen unzureichender Deckung nicht ins Gerstenfeld wagten. *M. arvalis* frißt nur bei guter Deckung (STEIN 1958).

### Nahrungskomponenten

Die Erwartung bei der Bestimmung einiger Komponenten war, daß nur solche Parameter, die unter den untersuchten Pflanzen eine deutliche Variabilität aufwiesen, eine Rolle bei der Nahrungswahl spielen. Aufgrund dieser Erwartung erwiesen sich nur die Phenole, der Zucker und die Stärke als potentiell wichtig. Angesichts seiner mäßigen Variation zeigte sich der Stickstoffgehalt hingegen als potentiell weniger wichtig. Daß der Wasser- und Energiegehalt nur eine kleine Variation aufwiesen, war vorauszusehen: Einerseits haben Blätter und dicke, fleischige Wurzeln in der Regel eine nicht stark voneinander abweichende prozentuale Trockenmasse und andererseits wurden keine fettspeichernden und somit energiereicheren Organe untersucht.

Die Tatsache, daß in den „Cafeteria-Tests“ Blätter einen signifikant höheren „Consumption Index“ hatten als Wurzeln, steht mit großer Wahrscheinlichkeit nicht im Zusammenhang mit dem festgestellten signifikanten Unterschied im Gehalt an den untersuchten Komponenten. Vielmehr könnte die in den Wahlversuchen fehlende Deckung die Ursache davon sein: Das Fressen aus den niedrigen und offenen Futternäpfen bzw. auf dem kahlen Käfigboden war den Tieren sicher unangenehm. Deshalb haben sie versucht, das Futter zum unmittelbaren Verzehr möglichst in den Blumentopf zu transportieren. Der kleine Durchmesser des Eingangslochs hat ihnen das Eintragen und somit den Verzehr von Wurzeln stark erschwert. Diese Interpretation würde somit auch erklären, weshalb aufgrund der Fraßspuren im Feld keine Vorliebe für Blätter zum Vorschein kam. Der Vergleich der „Consumption Indices“ mit den Werten der analysierten Parameter zeigte, daß zwischen den Präferenzen und diesen Parametern keine Beziehung besteht. Auch in der Mehrheit der bisher durchgeführten Studien zur Nahrungsökologie von Kleinnagern besteht kein Zusammenhang zwischen Präferenzen und dem Gehalt an Kohlenhydraten, Phenolen und Stickstoff. Dies gilt für die Arbeiten von KOPP (1993) und BOZINOVIC et al. (1997) bezüglich des Kohlenhydratgehalts, für jene von LINDROTH und BATZLI (1984), MARQUIS und BATZLI (1989), KOPP (1993) sowie HJÄLTEN et al. (1996) bezüglich des Phenolgehalts und für jene von HJÄLTEN et al. (1996) und MURRAY und DICKMAN (1997) bezüglich des Stickstoffgehalts. Im Gegensatz dazu fanden BERGERON und JODOIN (1987) sowie HARJU und HAKKARAINEN (1997) eine starke negative Korrelation zwischen Präferenzen und Phenolgehalt, während MARQUIS und BATZLI (1989) und KOPP (1993) eine positive Korrelation zwischen Präferenzen und Stickstoffgehalt feststellten. Das Fehlen einer Beziehung zwischen den hier festgestellten Präferenzen und den analysierten Komponenten heißt aber nicht, daß sich Feldmäuse prinzipiell ohne Rücksicht auf das Vorhandensein bestimmter Nahrungsbestandteile ernähren. Folgendes muß berücksichtigt werden: Phenole sind eine komplexe Gruppe von Sekundärmetaboliten, zu der



mehrere Verbindungen mit vielfältigen Wirkungen auf Herbivore gehören (LINDROTH 1989): a) Einfache Phenole und Flavonoide können verschiedene toxische Effekte haben wie z. B. Hemmung der Zellatmung, der Enzymfunktion und des Membrantransports. b) Cumarine können Organläsionen verursachen sowie hämorrhagische und koagulationshemmende Effekte zeigen. c) Tannine wirken infolge oberflächlicher Eiweißfällung auf Haut- und Schleimhautzellen adstringierend. Weiter hemmen sie Verdauungsenzyme, bilden mit Nahrungsproteinen unverdauliche Komplexe und reduzieren die Aktivität der Mikrobenflora des Darmes. d) Lignine hemmen die Verdauung. Daraus geht hervor, daß die Bestimmung der Gesamtphenole ohne jegliche Differenzierung vermutlich nicht ausreicht, um den Effekt dieser vielseitigen Stoffgruppe auf die Schmackhaftigkeit festzustellen. Der Gesamtstickstoffgehalt gibt meistens keine korrekte Schätzung des Proteinanteils an. Stickstoff ist nicht nur in proteinogenen Aminosäuren enthalten, sondern z. B. auch in mehreren Verbindungen unter den Sekundärmetaboliten wie Alkaloiden, Aminen, cyanogenen Glykosiden, Glucosinolaten und nicht proteinogenen Aminosäuren (LINDROTH 1989). Es wurden nur einige wenige positive und negative Parameter der Pflanzen bestimmt. Nach BATZLI (1985) richten sich Wühlmäuse bei der Nahrungswahl auch nach dem Gehalt an Kalzium, Phosphor, Natrium, Faser, Alkaloiden und Saponinen. Die Verdaulichkeit des Futters für Herbivore ist negativ mit dem Fasergehalt (Hemicellulose, Cellulose, Lignin) korreliert und zu viel Faser kann die Nahrungsaufnahme von Wühlmäusen hemmen (BATZLI 1985). Alkaloide und Saponine wirken toxisch (LINDROTH 1989). Der Versuch, die Präferenzen der Feldmaus mit wenigen, einzeln betrachteten Nahrungsbestandteilen zu erklären, ist auch deshalb schwierig, weil die Präferenzen vermutlich von einem Komplex interagierender Komponenten bestimmt werden. So können z. B. Giftwirkungen einiger Stoffe durch andere Bestandteile der Nahrung gemildert werden. Die gleichzeitige Aufnahme von Tanninen und Saponinen (im richtigen Verhältnis) mit der Nahrung kann die Absorption der Gifte im Darmtrakt verhindern (FREELAND et al. 1985). Natrium ist wahrscheinlich ein limitierendes Element für die Entgiftung von Abwehrstoffen der Futterpflanzen (HANSSON 1990). Sollte dies der Fall sein, könnte durch die Bestimmung des Natriumgehalts die Beziehung zwischen Präferenzen und Sekundärmetaboliten aufgeklärt werden. Um die Aufnahme chemischer Abwehrstoffe zu vermeiden, mag die Feldmaus in einigen Fällen Pflanzen mit einem niedrigen Nährwert bevorzugen. In anderen Fällen wird sie Pflanzen mit einem hohen Gehalt an Sekundärmetaboliten vorziehen, weil die Kosten dieser Wahl bei weitem von hohen Nährstoffwerten kompensiert sind.

Die einzige Pflanze, die sich sowohl in den Wahlversuchen (Serie 1 und 2) als auch im Feld als äußerst beliebt erwies, ist *Brassica napus* (Blätter). Außer den in den Blättern enthaltenen Proteinen und Carotinoiden mit Vitamin-A-Wirkung (HÄNSEL et al. 1971–1979, 1992–1994) sind keine Inhaltsstoffe der Blätter dieser Pflanze bekannt, die für diese hohe Attraktivität verantwortlich sein könnten. Das Fehlen von Glucosinolat und Eruca-säure im 00-Raps ist mit großer Wahrscheinlichkeit nicht ausschlaggebend, da bereits STEIN (1958) über die Beliebtheit von Winterraps berichtete, als 00-Raps noch nicht angebaut wurde. Folgende Angaben über Inhaltsstoffe einiger der getesteten Pflanzen könnten eventuell deren Unbeliebtheit erklären:

Die Blätter von *Oenothera biennis*, die in Serie 1 kaum angerührt wurden, enthalten Quercetin (ein Flavonoid) sowie 11% Gerbstoffe (HÄNSEL et al. 1992–1994). Am bekanntesten unter den Gerbstoffen ist Tannin, das bei einer Konzentration über 2% Säugetiere vom Fressen abhält (SWAIN 1979). Die Wurzel von *Pastinaca sativa* enthält Pastinacin (ein Alkaloid) und Furanocumarine (HÄNSEL et al. 1971–1979, 1992–1994). *Leucanthemum vulgare* ist schwach cyanogen und enthält Polyacetylene und Flavonoide (HEGNAUER 1962–1986; HÄNSEL et al. 1992–1994). In *Verbascum densiflorum* sind Flavonoide vorhanden (KRNETA-JORDI 1998).

## Danksagungen

D. PAVELIC und E. VOGEL danken wir für die Hilfsbereitschaft bei der Bestimmung der Kohlenhydrate bzw. Phenole. H. J. BACHMANN sind wir für die Durchführung der Stickstoffanalyse dankbar. M. GYGLI stellte seine Felder als Untersuchungsgebiet und J.-P. CHARLES die Makrolonkäfige zur Verfügung. E. HASHORVA und D. DIETRICH danken wir für die statistische Beratung und T. FRANK sowie F. BALMELLI für die kritische Revision des Manuskripts.

## Zusammenfassung

Die Nahrungswahl der Feldmaus *Microtus arvalis* bezüglich Pflanzen der Agrarlandschaft wurde mittels Futterwahlexperimenten im Labor untersucht. Als qualitativer Vergleich diente die Untersuchung der Fraßspuren im Feld. Mit der Bestimmung einiger Pflanzeninhaltsstoffe (Stickstoff, Zucker, Stärke und Phenole) sowie des Energie- und Wassergehalts wurde nach einer Ursache der Präferenzen gesucht. Aus den Wahlversuchen stellte sich eine stark ausgeprägte Selektivität bei der Nahrungswahl heraus. Sehr beliebte Pflanzen waren unter den Kulturpflanzen *Hordeum vulgare* (Blätter), *Brassica napus* (Blätter) und *Beta vulgaris altissima* (Rübe) bzw. unter den Buntbrachepflanzen *Achillea millefolium* (Blätter) und *Trifolium pratense* (Blätter). Zwischen den Präferenzen und den analysierten Nahrungskomponenten bestand keine Beziehung. Von den fünf im Labor sehr attraktiven Pflanzen wurden im Feld nur an *T. pratense* und *B. napus* oft bzw. sehr oft Fraßzeichen beobachtet.

## Literatur

- BATZLI, G. O. (1985): Nutrition. In: The Genus *Microtus* in North America. Ed. by R. TAMARIN. Am. Soc. Mammal. Spec. Publ. **6**, 779–811.
- BAUMANN, L. (1996): The influence of field margins on populations of small mammals. A study of the population ecology of the common vole *Microtus arvalis* in sown weed strips. Field margins Newsletter **6**, 7, 26–34.
- BERGERON, J. M.; JODOIN, L. (1987): Defining „high quality“ food resources of herbivores: the case for meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*). Oecologia **71**, 510–517.
- BOZINOVIC, F.; NOVOA, F. F.; NESPOLO, R. F. (1997): Effect of dietary composition on food selection and assimilation in the leaf-eared mouse (*Phyllotis darwini*) inhabiting central Chile. Rev. Chil. Hist. Nat. **70**, 289–295.
- FRANK, T.; NENTWIG, W. (1995 a): Artenvielfalt von Laufkäfern (Carabidae), Schwebfliegen (Syrphidae) und Tagfaltern (Rhopalocera) in Ackerkrautstreifen und angrenzenden Feldern. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. **9**, 685–691.
- FRANK, T.; NENTWIG, W. (1995 b): Ground dwelling spiders (Araneae) in sown weed strips and adjacent fields. Acta Oecol. **16**, 179–193.
- FREELAND, W. J.; CALCOTT, P. H.; ANDERSON, L. R. (1985): Tannins and saponin: Interaction in herbivore diets. Biochem. Syst. Ecol. **13**, 189–193.
- GODFREY, G. K. (1953): The food of *Microtus agrestis hirtus* (Bellamy, 1839) in Wytham, Berkshire. Säugetierkd. Mitt. **1**, 148–151.
- HÄNSEL, R.; KELLER, K.; RIMPLER, H.; SCHNEIDER, G. (1971–1979): Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis. Bde. 1–6. Berlin: Springer.
- HÄNSEL, R.; KELLER, K.; RIMPLER, H.; SCHNEIDER, G. (1992–1994): Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis. Bde. 1–6. Berlin: Springer.
- HANSSON, L. (1990): Mineral selection in microtine populations. Oikos **59**, 213–224.
- HARJU, A.; HAKKARAINEN, O. (1997): Effect of protein and birch-bark powder on selection of food by root voles (*Microtus oeconomus*). J. Mammalogy **78**, 563–568.
- HAUSAMMANN, A. (1996): The effects of weed strip-management on pests and beneficial arthropods in winter wheat fields. Z. PflKrankh. PflSchutz **103**, 70–81.
- HEGNAUER, R. (1962–1986): Chemotaxonomie der Pflanzen. Bde. 1–7. Basel, Stuttgart: Birkhäuser.
- HJÄLTEN, J.; DANELL, K.; ERICSON, L. (1996): Food selection by two vole species in relation to plant growth strategies and plant chemistry. Oikos **76**, 181–190.

- KOPP, R. (1993): Etude de l'impact de la forme fouisseuse du campagnol terrestre, *Arvicola terrestris scherman* (Shaw), sur la végétation d'une prairie. Thèse de doctorat, Univ. Lausanne.
- KRNETA-JORDI (1998): Der Heilpflanzengarten im Botanischen Garten der Universität Bern. Bern, Hannover: Agrarökologie.
- LEUTERT, A. (1983): Einfluß der Feldmaus, *Microtus arvalis* (PALL.), auf die floristische Zusammensetzung von Wiesen-Ökosystemen. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel (Zürich) **79**, 1–127.
- LILLE, R. (1996): Zur Bedeutung von Bracheflächen für die Avifauna der Agrarlandschaft: Eine nahrungsökologische Studie an der Goldammer *Emberiza citrinella*. Agrarökologie **21**, 1–150.
- LINDROTH, R. L. (1989): Mammalian herbivore – plant interactions. In: Plant-Animal Interactions. Ed. by W. G. ABRAHAMSON. New York, St. Louis, San Francisco, Auckland: McGraw-Hill. Pp. 163–206.
- LINDROTH, R. L.; BATZLI, G. O. (1984): Food habits of the meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*) in bluegrass and prairie habitats. J. Mammalogy **65**, 600–606.
- LYS, J.-A.; NENTWIG, W. (1992): Augmentation of beneficial arthropods by strip-management. Oecologia **92**, 373–382.
- LYS, J.-A.; NENTWIG, W. (1994): Improvement of the overwintering sites for Carabidae, Staphylinidae and Araneae by strip-management in a cereal field. Pedobiologia **38**, 238–242.
- MARASCULO, L. A.; MCSWEENEY, M. (1997): Nonparametric and Distribution-Free Methods for the Social Sciences. Belmont, California: Wadsworth.
- MARQUIS, R. J.; BATZLI, G. O. (1989): Influence of chemical factors on palatability of forage to voles. J. Mammalogy **70**, 503–511.
- MÜLLER-FERCH, G.; MOUCI, M. (1995): Einfluß der Mahd auf die Reservestoffe und den Insektenbestand von Ackerkräutern. Agrarökologie **14**, 1–103.
- MURRAY, B. R.; DICKMAN, C. R. (1997): Factors affecting selection of native seeds in two species of Australian desert rodents. J. Arid Environ. **35**, 517–525.
- PHILLIPSON, J.; SARRAZIN-COMANS, M.; STOMATOPOULOS, C. (1983): Food consumption by *Microtus agrestis* and the unsuitability of faecal analysis for the determination of food preference. Acta Theriol. **28**, 397–416.
- RIEWE, R. R. (1973): Food habits of insular meadow voles, *Microtus pennsylvanicus terraenovae*, (Rodentia: Cricetidae) in Notre Dame Bay, Newfoundland. Can. Field Nat. **87**, 5–13.
- RINKE, T. (1990): Zur Nahrungsökologie von *Microtus arvalis* (Pallas, 1779) auf Dauergrünland. I. Allgemeine Nahrungspräferenzen. Z. Säugetierkunde **55**, 106–114.
- RINKE, T. (1991): Percentage of volume versus number of species: Availability and intake of grasses and forbs in *Microtus arvalis*. Folia Zool. **40**, 143–151.
- SCEHOVIC, J. (1990): Tanins et autres polymères phénoliques dans les plantes de prairie: détermination de leur teneur et de leur activité biologique. Revue suisse Agric. **22**, 179–184.
- STEIN, G. H. W. (1958): Die Feldmaus. Wittenberg Lutherstadt: Ziemsen.
- SWAIN, T. (1979): Tannins and lignins. In: Herbivores: Their Interaction with Secondary Plant Metabolites. Ed. by G. A. ROSENTHAL and D. H. JANZEN. New York: Academic Press. Pp. 657–682.
- TRUSZKOWSKI, J. (1982): The impact of the common vole on the vegetation of agroecosystems. Acta Theriol. **27**, 305–345.
- WALDBAUER, G. P. (1968): The consumption and utilisation of food by insects. Adv. Insect Physiol. **5**, 229–289.
- YU, O.; VERGNE, Y.; GOUNOT, M. (1980): Modèle d'interaction entre campagnols *Microtus arvalis* et prairie permanente. Rev. Ecol. (Terre Vie) **34**, 373–426.
- ZIMMERMAN, E. G. (1965): A comparison of habitat and food of two species of *Microtus*. J. Mammalogy **46**, 605–612.

**Anschrift der Verf.:** LORENZA BALMELLI und Prof. Dr. WOLFGANG NENTWIG, Zoologisches Institut, Universität Bern, Baltzerstr. 3, CH-3012 Bern und  
Dr. JEAN-PIERRE AIROLDI, BES/Biologie, Universität Bern, Gertrud Wokerstr. 5, CH-3012 Bern, Schweiz